

Morphometrische Gehäuseunterschiede bei *Littorina littorea* an verschieden exponierten Standorten

Kühn, Jakob; kuehnjak@gmail.com
Mau, Michael; michael.mau@gmx.net

Abstract

The common periwinkle *Littorina littorea* is a commonly found gastropod of the littoral of the northern hemisphere. One of the environmental factors influencing its morphology is the exposition to wave impact. We tested, if and how exposition causes changes in the shell size and thickness of *L. littorea*. We found, that with decreasing exposition to wave impacts, shell size increases while shell thickness decreases. It is discussed whether wave impact exposition is the main influence factor on shell morphology divergence, as contrary findings have been described for different populations of three *Littorina* species including *L. littorea*.

Einleitung

Die Gemeine Strandschnecke *Littorina littorea* ist eine in der Nordsee häufige Art von Gastropoden, welche sich durch eine hohe Plastizität und Variabilität auszeichnet. Die ca. 2 cm großen Tiere sind im gesamten Littoral anzutreffen, und besiedeln eine Vielzahl von Mikrohabitaten, welche sie im großen Maße mitgestalten. Daher sind sie vielen unterschiedlichen ökologischen Bedingungen ausgesetzt, welche sich in ihrem Erscheinungsbild widerspiegeln. So können Populationsdichte (Kemp 1983), Salinität (Hylleberg 1978), Acidität und Prädationsdruck (Bibby 2007) Einfluss auf die Größe und Form des Gehäuses haben. So zeigte eine Studie im Limfjord in Dänemark, dass die Größe des Gehäuses mit dem Grad der Exposition zum Wellenschlag hin zunahm (Hylleberg 1978).

Eine stark strukturierte und heterogene Landschaft stellt das Wattenmeer der Nordsee dar. Daher wurde eine Untersuchung der

Schalendicke und Gehäusegröße von *Littorina littorea* Populationen aus verschiedenen Bereichen der östlichen Wattenmeerküste auf Sylt durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist das Testen der vermuteten Heterogenität der Gehäusemorphometrie in Bezug zum Grad der Exposition.

Wir vermuten, dass nicht nur die Größe des Gehäuses von *Littorina littorea* in Abhängigkeit zum Grad der Exposition zum Wellenschlag steht, sondern insbesondere auch die Schalendicke. Mit zunehmenden Wellenschlag steigt die permanente mechanische Belastung, welche auf das Gehäuse von *Littorina littorea* einwirkt. Dementsprechend sollten Populationen, welche in einem stärker exponierten Habitat vorkommen, mehr in die Ausbildung des Schneckengehäuses investieren und somit eine größere Schalendicke aufweisen als Populationen, welche sich in geschützteren Habitaten befinden.

Material & Methoden

Die Versuchstiere zur Vermessung wurden aus 3 Habitaten entlang der Wattenmeerküste und innerhalb des Watts bei List, Sylt, gesammelt. Die Sammlung erfolgte in je 3 gesteckten Versuchsflächen von je 1m² Fläche, die Auswahl erfolgte quasi-zufällig mit der Bedingung, dass die ausgewählte Fläche Algenbewuchs aufwies. Dies erfolgte zum einen, um die Habitatbedingungen homogener zu gestalten und eine größere Stichprobe zu ermöglichen, da die Häufigkeit von *L. littorea* in von Algen bewachsenen Flächen bedeutend höher war. Die Flächen für die Sammlung befinden sich für das „Schlickwatt“ bei (55°1'23"N, 8°25'47"O), für die Austernbänke bei (55°1'38"N, 8°26'6"O) und für die mit Miesmuscheln bewachsenen Wellenbrecher bei (55°1'9"N, 8°26'18"O). Gesammelt wurden alle Individuen, welche sich auf der Oberfläche der abgesteckten Fläche befanden, es wurde kein Boden ausgehoben oder gesiebt. Dabei wurden nur Individuen gesammelt, welche größer als 1,5 cm in ihrer Gehäusehöhe ausfielen, um Jungtiere auszusortieren und eventuelle Variabilität aufgrund von Alterswachstum auszuschließen.

Die gewählten Versuchsflächen unterschieden sich qualitativ in ihrer Exposition zu den Gezeiten. Dabei war das Schlickwatt durch eine Landzunge, dem so genannten Lister Haken, geschützt, während die Austernbänke und der Wellenbrecher stärker exponiert lagen. Eine quantitative Analyse des Expositionsgrades wurde dabei nicht vorgenommen.

Die Stichprobengröße der gesammelten Individuen lag beim Schlickwatt bei N = 146 Individuen, bei den Austernbänken bei N = 161 und beim Wellenbrecher bei N = 314 Individuen, mit einer Gesamtstichprobe von N = 621 Individuen.

Vermessen wurden die Höhe, die Breite und die Schalendicke des Gehäuses. Zur Messung der Höhe wurde das Gehäuse vom Apex bis zum Grund der Mündungsöffnung gemessen. Die Breite ergab sich aus den breitesten Punkten der letzten Windung, die Schalendicke wurde in der Mitte der Mündung gemessen (Abb. 1).

Alle statistischen Untersuchungen wurden mit R 3.0.1 durchgeführt. Zum Test auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnoff-Lilliefors Test verwendet, zu finden im R-Paket „nortest.“ Da alle Variablen nicht der Normalverteilung folgen, wurden zur weiteren statistischen Analyse nicht-parametrische Tests verwendet. Die statistischen Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Gehäusehöhe, sowie der Gehäuseschalendicke, wurden mit Dunn's multiple comparison Test, einer multivariablen Anpassung des Kruskal-Wallis Rangsummentests, aus dem R-Paket „dunn's test“ getestet.

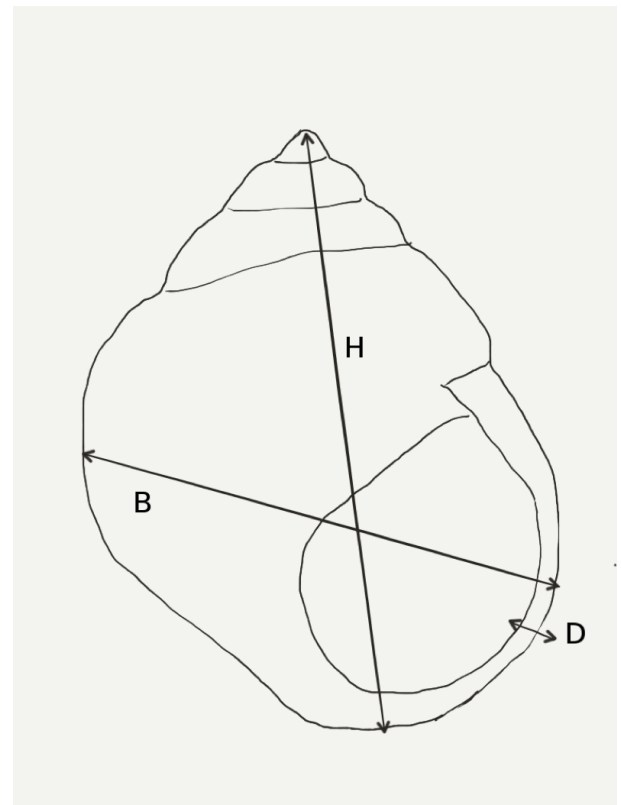


Abb. 1: Skizze zur Vermessung der Morphologie des Gehäuses von *Littorina littorea*. Die Abkürzungen bezeichnen die Höhe („H“), die Breite („B“) und die Dicke („D“) des Gehäuses.

Tabelle 1: Mittlere Werte und Standardabweichung der Gehäusemorphologie in den drei Probengebieten..

	Austernbank	Schlickwatt	Wellenbrecher
Höhe [cm]	2,004 ± 0,182	2,036 ± 0,200	1,954 ± 0,223
Breite [cm]	1,859 ± 0,165	1,816 ± 0,162	1,794 ± 0,202
Dicke [cm]	0,076 ± 0,015	0,064 ± 0,011	0,086 ± 0,018

Ergebnisse

Die drei Probenstandorte unterscheiden sich in der Abundanz der Individuen. Im Schlickwatt und den Austernbänken fanden sich mit durchschnittlich 49 und 54 bedeutend weniger Individuen als an den felsigeren, von Miesmuscheln bewachsenen Wellenbrechern mit 105 Individuen pro qm. Diese Angaben beziehen sich jedoch ausschließlich auf die eingesammelten adulten Individuen, es ist weiterhin festzuhalten, dass die Anzahl der vorgefunden Jungtiere mit Gehäusegrößen kleiner als 1,5cm ebenfalls stark zwischen den einzelnen Standorten variierten.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Unterschiede in der Gehäusmorphologie zwischen den einzelnen Standorten wurden mit nicht-parametrischen Tests auf statistische Signifikanz untersucht. Für die Höhe des Gehäuses ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Schnecken im Schlickwatt und den Schnecken auf dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = 3,393$; $p = 0,003$; $\alpha < 0,05$) und zwischen den Schnecken in den Austernbänken und den Schnecken auf dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = -1,678$; $p = 0,047$; $\alpha < 0,05$). Der Unterschied der Höhe des Gehäuses zwischen Schnecken in den Austernbänken und Schnecken im Schlickwatt ist dagegen nicht statistisch signifikant (Kruskal-Wallis $X^2 = 1,551$; $p = 0,06$; $\alpha < 0,05$).

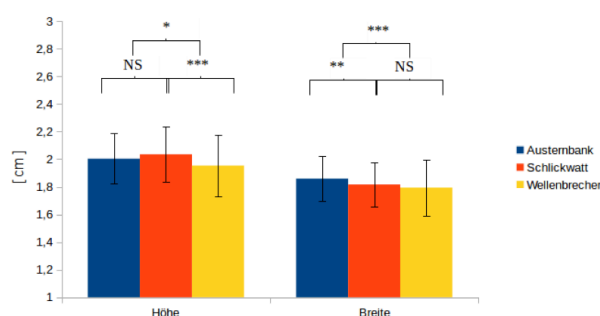


Abb. 2: Mittelwerte, Standardabweichung und Signifikanzlevel der Höhe und Breite des Gehäuses von *Littorina littorea*, gemessen an drei Standorten im Wattenmeer vor Sylt. Statistisch signifikante Unterschiede wurden mit Dunn's multiple comparison test berechnet, Signifikanzniveaus angegeben nach folgendem Schlüssel: *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; NS = $p < 1$.

Weiterhin sind die Unterschiede in der Breite des Gehäuses sowohl zwischen dem Standort Austernbänke und dem Standort Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = -3,360$; $p = < 0,001$; $\alpha < 0,05$), als auch zwischen den Schnecken aus dem Schlickwatt und den Schnecken in den Austernbänken statistisch signifikant (Kruskal-Wallis $X^2 = -2,507$; $p = 0,006$; $\alpha < 0,05$), während die Unterschiede in der Breite des Gehäuses zwischen dem Standorten Schlickwatt und Wellenbrecher statistisch nicht signifikant waren (Kruskal-Wallis $X^2 = 0,391$; $p = 0,348$; $\alpha < 0,05$)(Abb. 2).

Die Unterschiede in der Dicke der Schale des Gehäuses sind zwischen allen Standorten statistisch signifikant, sowohl zwischen dem Standort im Schlickwatt und den Austernbänken (Kruskal-Wallis $X^2 = -6,385$; $p = < 0,001$; $\alpha < 0,05$), zwischen Standorten im Schlickwatt und auf dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = -12,442$; $p = < 0,001$; $\alpha < 0,05$) als auch zwischen Standorten auf den Austernbänken und dem Wellenbrecher (Kruskal-Wallis $X^2 = 5,330$; $p = < 0,001$; $\alpha < 0,05$)(Abb. 3).

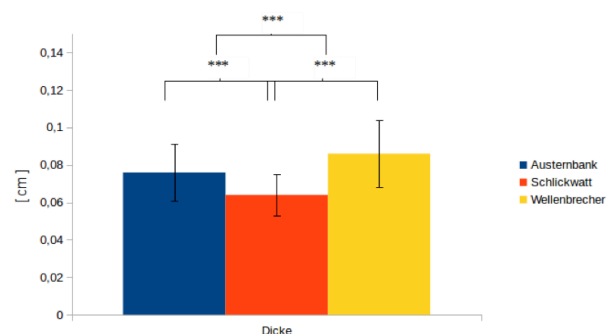


Abb. 3: Mittelwerte, Standardabweichung und Signifikanzlevel der Dicke der Schale des Gehäuses von *Littorina littorea*, gemessen an drei Standorten im Wattenmeer vor Sylt. Statistisch signifikante Unterschiede wurden mit Dunn's multiple comparison test berechnet, Signifikanzniveaus angegeben nach folgendem Schlüssel: *** = $p < 0,001$; ** = $p < 0,01$; * = $p < 0,05$; NS = $p < 1$.

Diskussion

Die Ergebnisse der morphometrischen Untersuchungen unterstützen die Hypothese, dass die Größe des Gehäuses und die Dicke der Schale vom Grad der Exposition zum Wellenschlag beeinflusst wird. Sichtbar wird dies jedoch nur in der Schalenhöhe und Schalendicke. Die Ergebnisse der Schalenbreite folgten keinem Expositionstrend und sind daher wahrscheinlich kaum vom Expositionsgrad beeinflusst. Während die Schalendicke der im vom Lister Haken geschützten Schlickwatt lebenden Schnecken eine durchschnittliche Schalendicke von 0,64 mm aufweisen, sind die den Gezeiten ausgesetzten Schnecken am Wellenbrecher mit 0,86 mm bedeutend dickschaliger. Dahingegen sinkt mit zunehmender Exposition die Schalenhöhe des Gehäuses. Dies kann als Anpassung an die verschiedenen exponierten Standorte betrachtet werden, in dem die Schnecken Dickenwachstum über Höhenwachstum bevorzugen, um sich an stärker exponierte Standorte anzupassen. Diese Anpassung muss jedoch nicht allein ein Resultat der Exposition sein, auch verschiedene andere Parameter könnten einen Einfluss auf die Morphologie des Gehäuses gehabt haben. Verschiedene Studien zeigten, dass die Schalendicke ebenfalls vom Prädationsrisiko beeinflusst wird (Bibby 2007). Entsprechende quantitative Untersuchungen der Räuberabundanz, im speziellen Fall von *Littorina littorea* vor allem der Strandkrabbe *Carcinus maenas*, wurden nicht durchgeführt, jedoch lässt sich festhalten, dass Individuen von *Carcinus maenas* an allen Standorten vorgefunden wurden (Schunke & Schmidt 2015).

Die Untersuchung von Hylleberg (1978) zur Größe des Gehäuses in Abhängigkeit vom Wellenschlag zeigte, dass mit zunehmender Exposition die Größe des Gehäuses zunahm.

Diese Ergebnisse konnten wir nicht reproduzieren. In unseren Ergebnissen nahm die Größe des Gehäuses ab, wenn die Exposition zum Wellenschlag zunahm. Trotz der Stichprobengröße von über 100 Individuen pro Standort lässt sich jedoch nicht ausschließen, dass dieses Ergebnis das Resultat von mehreren Einflussfaktoren sein kann, welche den Einfluss der Exposition überlagern.

Für verwandte Arten von *L. littorea* wurde gezeigt, dass der Grad der Exposition unterschiedliche Auswirkungen auf unterschiedliche Arten hat. So zeigt die Art *Littorina mariae* eine Zunahme der Schalengröße mit sinkender Exposition, ähnlich unserer Ergebnisse während *Littorina obtusata* eine Abnahme der Schalengröße mit sinkender Exposition zeigt, ähnlich den Ergebnissen von Hylleberg (Reimchen 1982). Ähnliche Untersuchungen der beiden Arten zur Schalendicke zeigen, dass mit sinkender Exposition die Schalendicke von *L. mariae* zunimmt, während sie bei *L. obtusata* mit sinkender Exposition abnimmt (Fletcher 1995). Weiterhin berichtet Fletcher, dass *L. littorea* keine solche Variabilität aufweist, was er auf die pelagialen Larvenstadien zurückführt.

Weiterführend könnte eine längerfristige Laboruntersuchung mit künstlicher Exposition, identischen Ausgangspopulationen und über mehrere Generationen laufend eine eindeutige quantitative Aussage zum Effekt der Exposition auf die Schalendicke und -größe geben. Diese Untersuchungen würden die im Feld vorgefundenen Ergebnisse und Hypothese um reproduzierbare Daten ergänzen und somit das Bild der Einflussfaktoren auf die Schnecken-schalenmorphologie vervollständigen.

Literatur

Bibby, R. et al. (2007): Ocean acidification disrupts induced defences in the intertidal gastropod *Littorina littorea*. *Biology Letters*, 3: 699 – 701.

Eschweiler, N. Et al. (2008): Habitat-specific size structure variations in periwinkle populations (*Littorina littorea*) caused by biotic factors. *Helgoland Marine Research*, 63 (2), 119 – 127.

Fletcher, C.R. (1995): Microgeographical variation in shell strength in the flat periwinkles *Littorina obtusata* and *Littorina mariae*. *Hydrobiologia*, 309: 73 – 87.

Hylleberg, J., Christensen, J.T. (1978): Factors affecting the intraspecific competition and size distribution of the periwinkle, *Littorina littorea* (L.) *Natura Jutlandica*, 20, 193 – 202.

Kemp, P., Bertness, M.D. (1984): Snail shape and growth rates: Evidence for plastic shell allometry in *Littorina littorea*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 81; 811 – 813.

Reimchen, T.E. (1982): Shell size divergence in *Littorina mariae* and *L. obtusata* and predation by crabs. *Canadian Journal of Zoology*, 60 (4): 687 – 695.

Schmidt, M., Schunke, V. (2015): Analysing consumption rate and prey preferences of *Carcinus maenas* L. (List, Sylt). *Proceedings in Marine Biology*, 2: